

Voorkomen van *Dreissena* mosselen rondom IJburg

Aanvullend onderzoek 2017



M. Dorenbosch
F. Driessen
J. Bergsma



Bureau Waardenburg bv
Ecologie & landschap

Voorkomen van *Dreissena* mosselen rondom IJburg

Aanvullend onderzoek 2017

dr. M. Dorenbosch, F.M.F. Driessen MSc., drs. J.H. Bergsma

Status uitgave: eindversie

Rapportnummer: 17-184
Projectnummer: 17-0592
Datum uitgave: December 2017
Projectleider: Dr. M. Dorenbosch
Naam en adres opdrachtgever: Gemeente Amsterdam
Grond en Ontwikkeling
Postbus 12693, 1100 AR, Amsterdam
Referentie opdrachtgever: 17-0592/17.06522/MartD
Akkoord voor uitgave:
drs. W.M. Liefveld

Paraaf:

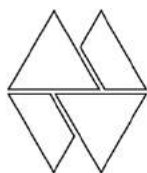


Graag citeren als: Dorenbosch, M., F.M.F. Driessen & J.H. Bergsma, 2017. Voorkomen van *Dreissena* mosselen rondom IJburg. Aanvullend onderzoek 2017. Bureau Waardenburg Rapportnr. 17-184. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Bureau Waardenburg bv is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Bureau Waardenburg bv.
Opdrachtgever hierboven aangegeven vrijwaart Bureau Waardenburg bv voor aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

© Bureau Waardenburg bv / Grond en Ontwikkeling - Gemeente Amsterdam
Dit rapport is vervaardigd op verzoek van opdrachtgever en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden d.m.v. druk, fotokopie, digitale kopie of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de opdrachtgever hierboven aangegeven en Bureau Waardenburg bv, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

Lid van de branchevereniging Netwerk Groene Bureaus. Het kwaliteitsmanagementsysteem van Bureau Waardenburg bv is door CERTIKED gecertificeerd overeenkomstig ISO 9001: 2015. Bureau Waardenburg bv hanteert als algemene voorwaarden de DNR 2011, tenzij schriftelijk anders wordt overeengekomen.



Bureau Waardenburg bv

Onderzoek en advies voor ecologie en landschap

Postbus 365 4100 AJ Culemborg
Telefoon 0345 51 27 10
info@buwa.nl www.buwa.nl

Voorwoord

In het kader van de ontheffing van de Wet Natuurbescherming (voorheen Natuurbeschermingswet) voor de aanleg van IJburg is inzicht gewenst in de ontwikkelingen van de populatie *Dreissena* mosselen in het IJmeer rondom IJburg. Het voorliggende onderzoek sluit aan op de monitoringsresultaten van de ontwikkeling van de populatie *Dreissena* mosselen op de kunstmatige mosselbanken vak 0 en vak 1 (Dorenbosch *et al.*, 2017).

In het kader van de voorbereiding en opstart van werkzaamheden ten behoeve van de ontwikkeling van IJburg tweede fase, is inzicht gewenst in de huidige verspreiding van *Dreissena* mosselen in een groter gebied rondom IJburg (buiten de bestaande kunstmatige mosselbanken vak 0 en 1). Tevens is inzicht gewenst hoe de populatie *Dreissena* mosselen zich verhoudt ten opzichte van de oorspronkelijke populatie mosselen zoals aanwezig in de periode 2006 - 2008 voor de aanleg van IJburg.

Dit rapport gaat in op de huidige verspreiding van *Dreissena* mosselen in een ruimer gebied rondom IJburg en onderzoekt hoe de populatie zich verhoudt ten opzichte van 2006 - 2008 en welke processen het voorkomen van *Dreissena* mosselen beïnvloeden. Tevens worden aanbevelingen gegeven hoe de huidige inrichting geoptimaliseerd kan worden met betrekking tot het duurzaam in stand houden van *Dreissena* mosselbanken rondom IJburg.

Inhoud

Voorwoord.....	3
Samenvatting.....	7
1 Inleiding	9
1.1 Achtergrond.....	9
1.2 Onderzoeksvragen	10
1.3 Leeswijzer	10
2 Materiaal en methoden	11
2.1 Opzet van de studie.....	11
2.2 Monsterlocaties	11
2.3 Methodiek.....	12
3 Resultaten	15
3.1 Verspreidingsareaal en dichtheden <i>Dreissena</i> mosselen.....	15
3.2 <i>Dreissena</i> populatie dichtheden 2006 - 2008 versus 2014 - 2017	17
3.3 Mosseldichtheden, waterplanten en slibdikte	19
3.4 Voorkomen van mosselen in andere habitattypes	23
4 Conclusies & aanbevelingen	25
4.1 Verspreiding en populatieveranderingen.....	25
4.2 Effect van waterplanten en opslibbing.....	26
4.3 Aanbevelingen inrichting IJburg en natuureiland	26
4.4 Aanbevelingen monitoring.....	30
5 Referenties.....	31
Bijlage.....	33

Samenvatting

In het kader van de ontheffing van de natuurbeschermingswet voor de aanleg van IJburg is inzicht gewenst in de ontwikkelingen van de populatie *Dreissena* mosselen in het IJmeer rondom IJburg. Het voorliggende onderzoek sluit aan op de monitoringsresultaten van de ontwikkeling van de populatie *Dreissena* mosselen op de kunstmatige mosselbanken vak 0 en vak 1 (Dorenbosch *et al.*, 2017).

Dit rapport gaat in op de huidige verspreiding van *Dreissena* mosselen in een ruimer gebied rondom IJburg en onderzoekt hoe de populatie zich verhoudt ten opzichte van 2006 - 2008 en welke processen het voorkomen van *Dreissena* mosselen beïnvloeden. Tevens worden aanbevelingen gegeven hoe de huidige inrichting geoptimaliseerd kan worden met betrekking tot het duurzaam in stand houden van *Dreissena* mosselbanken rondom IJburg.

Huidige verspreiding

Wat betreft verspreiding blijken *Dreissena* mosselen over een relatief groot gebied voor te komen in het IJmeer nabij IJburg, inclusief de zone op grotere afstand van IJburg waar in het kader van het natuurcompensatieplan IJburg een natuureiland inclusief mosselbank gepland is.

Er is sprake van een onevenwichtige verspreiding van *Dreissena* mosselen over het gebied, harde substraten (zoals de kunstmatige banken vak 0 en 1 en stortsteen zoals gebruikt in waterkeringen nabij IJburg 2^e fase) herbergen hoge dichtheden mosselen. Sommige natuurlijke zachte bodemsubstraten herbergen lage dichtheden mosselen of helemaal geen mosselen (zoals referentiegebieden nabij de kunstmatige banken vak 0 en 1). Daarentegen zijn ook natuurlijke zachte bodems aan te wijzen waar de dichtheid mosselen relatief hoog is.

De populatie *Dreissena* mosselen rondom IJburg bestaat anno 2017 vrijwel volledig uit quaggamossel. Driehoeksmossel weet zich echter in zeer lage dichtheden te handhaven in het IJmeer rondom IJburg.

Populatieveranderingen

Na een periode van sterke afname van de dichtheid mosselen op de kunstmatige banken in vak 0 en 1 tussen 2011 en 2013, is er in de periode 2014 - 2017 sprake van relatief stabiele dichtheden. In de aangrenzende referentie gebieden van vak 0 en 1 is er echter sprake van een duidelijke afname in dichtheden mosselen. In vergelijking met de periode 2006 - 2008 is de dichtheid mosselen in deze referentiegebieden in de periode 2014 - 2017 significant lager.

De dichtheid mosselen op natuurlijke zachte substraten op enige afstand van de kunstmatige banken in het IJmeer is echter weer hoger, hier is ook geen sprake van een afname.

In de referentiegebieden aangrenzend aan de banken van vak 0 en 1 werden in 2017 geen juveniele mosselen < 5 mm aangetroffen. Dit is een sterke aanwijzing dat in dit deelgebied nauwelijks tot geen voortplanting van *Dreissena* mosselen heeft plaatsgevonden. Dit heeft mogelijke gevolgen voor de toekomstige verspreiding van *Dreissena* mosselen in deze deelgebieden. Op andere locaties in IJburg was echter weer wel sprake van voortplanting.

Effect van waterplanten en opslibbing

Op basis van de beschikbare monsters uit 2016 en 2017 blijken zowel abundantie van waterplanten en slibdikte significante effecten te hebben op het voorkomen van *Dreissena* mosselen. Een toenemende biomassa waterplanten heeft hierbij een negatief effect op de dichtheid mosselen. Wanneer de bodem volledig overgroeit met waterplanten (bedekking van 100%), worden in een groot deel van de betreffende monsters geen levende *Dreissena* mosselen meer op de bodem aangetroffen.

Ook toenemende slibdikte (ten gevolge van opslibbing) heeft een negatief effect op de dichtheid *Dreissena* mosselen. Dit is echter pas het geval als de slibdikte > 30 mm bedraagt. Een slibdikte < 30 mm lijkt geen effect te hebben op de dichtheid mosselen op de bodem. Voor de kunstmatige banken vak 0 en 1 werd een gemiddelde slibaangroei vastgesteld van 1,7 mm per jaar (maximaal 4,3 mm per jaar) voor de afgelopen tien jaar.

Aanbevelingen en kansen

De bevindingen van het voorliggende onderzoek geven aanleiding tot verschillende aanbevelingen en kansen.

Ter hoogte van het geplande natuureiland komen nu reeds mosselbanken voor op natuurlijke zachte substraten (met lagere mosseldichtheden dan op hard substraat). Het realiseren van nieuwe mosselbanken met hoge dichtheden is hier kansrijk. Het strekt tot de aanbeveling om in plaats van een integrale bodembestorting van hard substraat, clusterwijze harde structuren aan te brengen die tenminste 0.5 m boven de bodem uitreiken.

Door dit ontwerp kan de nieuwe mosselbank boven de bodem uitgroeien en is beter beschermd tegen overwoekering van waterplanten en/of opslibbing. Door het clusterwijze aanbrengen van nieuwe structuren blijft een groot deel van de bestaande mosselbank ter hoogte van het geplande natuureiland behouden en zullen lokaal stroomgeultjes ontstaan hetgeen opslibbing verminderd.

Voor het realiseren van een nieuwe mosselbank kunnen innovatieve structuren worden gebruikt zoals dood hout, rifkorven en/of biologisch afbreekbare BESE structuren.

Ook bestaande stortsteen structuren zoals gebruikt in waterkeringen etc., herbergen hoge dichtheden *Dreissena* mosselen. Vanwege de hoge mosseldichtheden kunnen oppervlakten stortsteen met *Dreissena* mosselen daarmee een relatief grote bijdrage leveren aan de totale mossel populatie rondom IJburg. Stortstenen dienen hierbij wel tenminste 50 cm onder de waterlijn te liggen om gekoloniseerd te raken door *Dreissena* mosselen.

Omdat de toename van waterplanten negatief lijkt voor de populatie *Dreissena* mosselen, is het raadzaam om dit effect verder te kwantificeren. Ook kan in dit kader onderzocht worden in welke mate foeragerende duikeenden daadwerkelijk gebonden zijn aan mosselbanken, of dat velden waterplanten mogelijk ook voldoen als foerageergebied voor duikeenden.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Ten behoeve van het natuurcompensatieplan IJburg 2^e fase zijn in 2007/2008 twee kunstmatige banken van hard substraat aangelegd (vak 0 en vak 1). De kunstmatige banken hadden ten doel om een hoge dichtheid *Dreissena* mosselen te faciliteren om het verlies aan mosselbank areaal door de realisatie van IJburg te compenseren (o.a. om te voorzien in voldoende foerageermogelijkheden voor duikeenden).

Monitoring van de kunstmatige banken in de periode 2007 - 2017 heeft aangetoond dat zich inderdaad een (grote) populatie *Dreissena* mosselen op de banken heeft gevestigd (Dorenbosch *et al.*, 2017). De kunstmatige mosselbanken functioneren daarmee zoals bedoeld in het oorspronkelijke natuurcompensatieplan.

In het IJmeer rondom IJburg hebben zich vanaf 2007/2008 verschillende biologische ontwikkelingen voorgedaan. In 2006 bestond de *Dreissena* populatie in IJburg uitsluitend uit driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha*, Schouten, 2006; Bouma *et al.*, 2007). Omstreeks 2009 heeft quaggamossel (*Dreissena bugensis*) zich in het IJmeer gevestigd en domineert sindsdien de populatie *Dreissena* mosselen (Dorenbosch *et al.*, 2017). Quaggamossel is minder strikt in haar habitatkeuze en heeft sinds haar vestiging in 2009 een ruimere verspreiding bewerkstelligd dan driehoeksmossel voorheen. De huidige populatie *Dreissena* mosselen is door de areaal uitbreiding van quaggamossel dus waarschijnlijk groter dan voor 2009 (waar het oorspronkelijke natuurcompensatieplan op is gebaseerd).

De monitoring van de kunstmatige mosselbanken in IJburg en een aanvullend onderzoek in 2014 en 2016 lijken daarnaast aan te tonen dat het areaal waterplanten in het IJmeer rondom IJburg is toegenomen. Er worden in 2014 en 2016 steeds grotere velden waterplanten aangetroffen die voorheen relatief zeldzaam waren (Dorenbosch, 2015; 2017). Mogelijk dat de filterende werking van de mosselen het gemiddelde doorzicht in het IJmeer bij IJburg heeft verbeterd waardoor het onderwater lichtklimaat voor waterplantengroei is verbeterd. Keerzijde van de toename van waterplanten is dat er wellicht competitie om ruimte in combinatie met toegenomen opslibbing optreedt tussen uitbreidende waterplanten en mosselbanken. Mosselbanken gaan daarmee mogelijk achteruit door een toename in waterplanten en/of toename van opslibbing.

Behalve de aanleg van de kunstmatige mosselbanken in vak 1 en vak 0, zijn er door de realisatie van IJburg verschillende harde structuren onderwater bij gekomen, bijvoorbeeld waterkeringen van stortsteen. Deze kunstmatige harde substraten worden waarschijnlijk ook door *Dreissena* mosselen gekoloniseerd hetgeen een positief effect heeft op de totale omvang van de *Dreissena* populatie in het IJmeer nabij IJburg.

In het kader van het natuurcompensatieplan voor IJburg 2^e fase is voorzien in de aanleg van een nieuw natuureiland. Hierin wordt ook een nieuwe kunstmatige mosselbank voorgesteld. Bij het ontwerpen van de nieuwe kunstmatige mosselbank is het raadzaam om bovenbeschreven ontwikkelingen mee te nemen.

Voorliggend onderzoek moet in het kader geplaatst worden van de lange termijn monitoring van de twee kunstmatige mosselbanken in de periode 2007 - 2017 (Dorenbosch *et al.*,

2017). Het voorliggende onderzoek benoemt specifiek veranderingen in de populatie *Dreissena* mosselen in het IJmeer rondom IJburg buiten de kunstmatige mosselbanken en gaat in op kansen voor de ontwikkeling van nieuwe mosselbanken nabij IJburg.

1.2 Onderzoeksvragen

In het voorliggende aanvullende onderzoek staan de volgende vragen centraal:

- 1) Wat is het recente verspreidingsareaal en populatiegrootte van mosselen in het IJmeer rondom IJburg, inclusief de locatie van het geplande natuureiland?
- 2) Hoe verhoudt de huidige populatiedichtheid mosselen op natuurlijke substraten rondom IJburg (buiten de kunstmatige mosselbanken) zich tot de dichtheid in de periode 2006 - 2008 (voor vestiging van quaggamosselen)?
- 3) Kan variatie in mosseldichtheden gerelateerd worden aan de abundantie waterplanten en/of mate van opslibbing?
- 4) Hoe kunnen het natuureiland en/of harde structuren van IJburg 2^e fase optimaal onderwater worden ingericht om bestaande populaties mosselen te faciliteren?

1.3 Leeswijzer

De voorliggende rapportage bevat de resultaten van de mosselinventarisatie uitgevoerd op 20 september en 03 oktober 2017. Resultaten in het kader van de monitoring van de kunstmatige mosselbanken vak 0 en vak 1 zijn reeds beschreven in Dorenbosch *et al.* (2017), inclusief onderzoeksmethodiek. Hoofdstuk 2 gaat kort in op de methodiek zoals specifiek toegepast voor het beantwoorden van bovengenoemde aanvullende onderzoeksvragen.

Hoofdstuk 3 bespreekt de resultaten van dit aanvullende onderzoek waarbij conclusies en aanbevelingen worden benoemd in hoofdstuk 4. In hoofdstuk 5 wordt een opsomming gegeven van gebruikte literatuur. Bijlage 1 geeft een overzicht van gebruikte data.

2 Materiaal en methoden

2.1 Opzet van de studie

Om de onderzoeksvragen te beantwoorden is de volgende studieopzet gehanteerd:

- Om het recente verspreidingsareaal en populatiegrootte van *Dreissena* mosselen in het IJmeer rondom IJburg te bepalen zijn behalve de standaard monitoringspunten zoals bemonsterd in 2017, ook gegevens van aanvullende monsterpunten gebruikt zoals die verzameld zijn in 2014 (Dorenbosch, 2015) en 2016 (Dorenbosch, 2017). Daarnaast zijn in 2017 nog eens 13 aanvullende locaties bemonsterd om een beeld te verkrijgen van de verspreiding van *Dreissena* mosselen buiten de standaardmonitoringspunten. In 2017 zijn drie locaties bemonsterd ter hoogte van het geplande natuureiland (plus mosselbank) om een beeld te krijgen van de huidige verspreiding van mosselen nabij het natuureiland.
- Om een vergelijking van de populatiedichtheid *Dreissena* mosselen op natuurlijke substraten (dus buiten de kunstmatige banken vak 0 en vak 1) te maken tussen recente jaren en de jaren omstreeks de aanleg van IJburg, zijn mosseldichtheden op natuurlijke zachte substraten uit de jaren 2006 en 2008 vergeleken met mosseldichtheden uit de jaren 2014, 2016 en 2017. De twee periodes markeren het voorkomen van *Dreissena* mosselen in het tijdvak waarbij de populatie volledig uit driehoeksmossel bestond (voor 2009) en het tijdvak waarin quaggamossel zich in het IJmeer heeft gevestigd (na 2009).
- Voor de monsterpunten uit de jaren 2016 en 2017 zijn systematisch gegevens verzameld over de bedekking van waterplanten en de dikte van de sliblaag. Deze data-set is gebruikt om lineaire verbanden te vinden tussen abundantie van waterplanten en/of dikte van de sliblaag en de dichtheid *Dreissena* mosselen. Voor het bepalen van deze verbanden zijn voor beide jaren 63 monsterpunten beschikbaar.
- Om de potentie van stortsteen structuren als substraat voor *Dreissena* mosselen te bepalen, zijn in 2017 drie aanvullende monsters genomen van stortsteen substraten zoals die reeds zijn aangelegd voor IJburg 2^e fase. Daarnaast is binnen een veld waterplanten een plantenmonster genomen in een kwadrant van 0.5 x 0.5 m om de eventuele aanwezigheid van juveniele mosselen op scheuten van waterplanten vast te stellen.

2.2 Monsterlocaties

In dit onderzoek zijn monsterpunten van de volgende locaties meegenomen:

- Monitoringslocaties kunstmatige banken vak 0 en vak 1 2007 - 2017, dit betreffen de vaste monitoringspunten van vak 0 en vak 1 inclusief referentielocaties (tevens bemonsterd in 2017), figuur 1.
- Aanvullende referentielocaties 2014, 24 locaties enkel bemonsterd in 2014, figuur 1.
- Aanvullende referentielocaties 2016, 10 locaties enkel bemonsterd in 2016, figuur 1.

- Aanvullende referentielocaties 2017, 13 locaties enkel bemonsterd in 2017, figuur 1.
- Locaties bemonsterd voor de aanleg van IJburg (nulmeting, Schouten, 2006), 15 locaties enkel bemonsterd in 2006.

In de aanvullende monsterlocaties van 2017 zijn drie monsters genomen van stortsteenstructuren zoals aanwezig in een waterkering van IJburg 2 (figuur 3). Daarnaast is een plantenmonster genomen van een veld waterplanten nabij de kunstmatige mosselbank vak 1 (figuur 3).

2.3 Methodiek

Monstername

De in dit onderzoek toegepaste methodiek staat reeds beschreven in Dorenbosch *et al.* (2017). De bodembemonsteringen zijn hierbij door het duikteam van Bureau Waardenburg uitgevoerd. Bodemonsters van het zachte substraat zijn met een bodemschep verzameld, voor bodemonsters van het harde substraat (kunstmatige banken vak 0 en 1) is een vast oppervlak hard substraat boven water gebracht waarbij in het lab mosselen van het substraat zijn verwijderd.

Voor de drie aanvullende hard substraat monsters (figuur 3) was het niet mogelijk om stortsteen boven water te brengen (de afmetingen en het gewicht waren te groot om zonder speciale materialen stortstenen van de bodem te tillen). Om mosselen op stortstenen te kwantificeren is onder water een vast oppervlak stortsteen (20 x 30 cm, bepaald met een frame) afgeschraapt met een schraapmes waarbij loskomende mosselen zijn verzameld in een macrofauna net. De monsters zijn vervolgens verwerkt in het laboratorium.

Voor het plantenmonster verzameld nabij vak 1 (figuur 3) zijn alle plantenscheuten onder water geoogst binnen een willekeurig geplaatst frame (50x50 cm) en in een macrofauna net overgebracht. De plantenmonsters zijn vervolgens in het laboratorium onderzocht op aanwezige mosselen.

Overige parameters

Van elk monster verzameld in 2017 zijn gegevens over waterdiepte (m), bodembedekking met waterplanten (in %) en dikte van de sliblaag gemeten (mm, door een aangepaste meetlat in de zachte bodem te steken totdat de eerste harde bodemlaag waargenomen werd). Bedekkingspercentage waterplanten en dikte van de sliblaag zijn ook beschikbaar voor monsters die zijn verzameld in 2016.

Labwerk

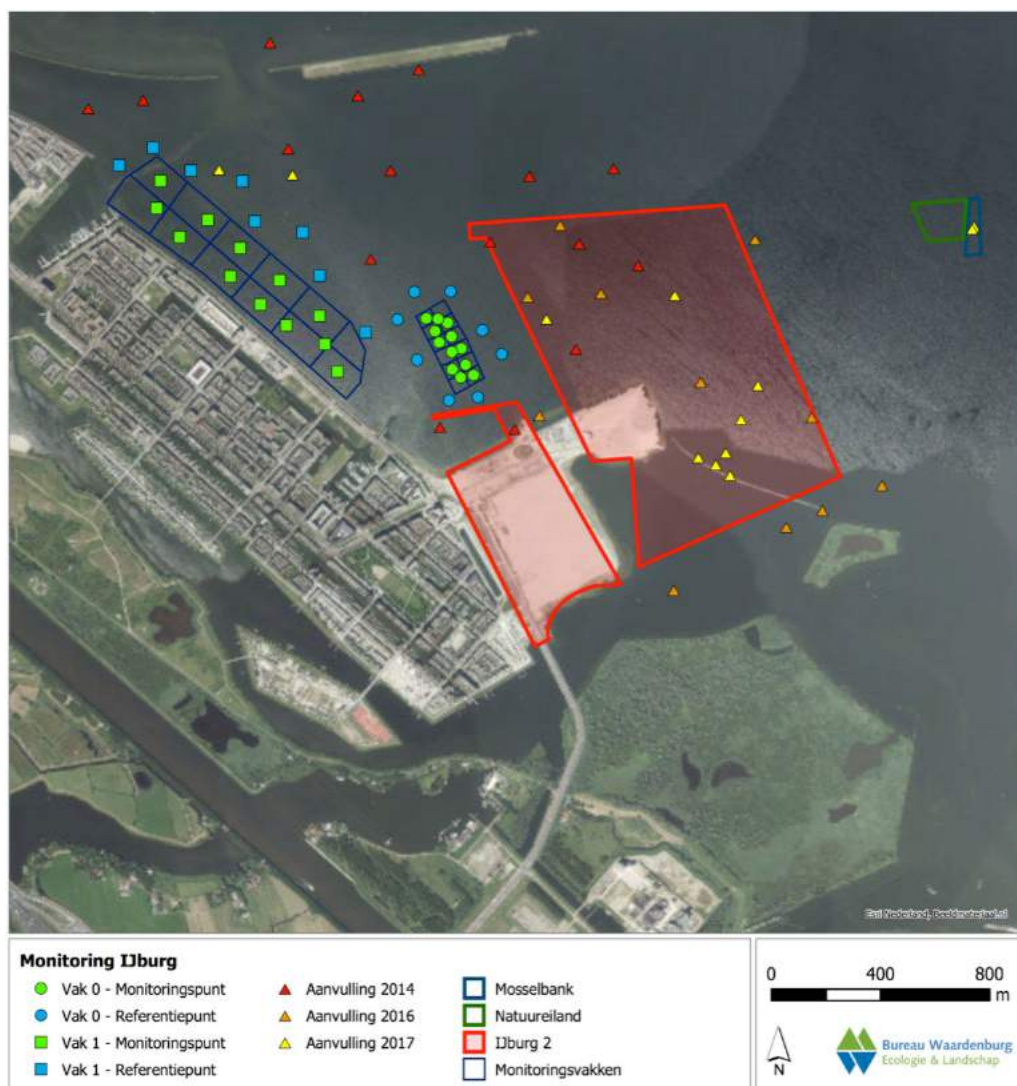
In het laboratorium van Bureau Waardenburg zijn alle monsters uitgezocht waarbij *Dreissena* mosselen zijn gedetermineerd tot op soortniveau (quaggamosselen en driehoeksmossel). Van elke mossel is de lengte bepaald en onderverdeeld in grootteklasse < 5 mm en > 5 mm.

Dataverwerking & statistische analyse

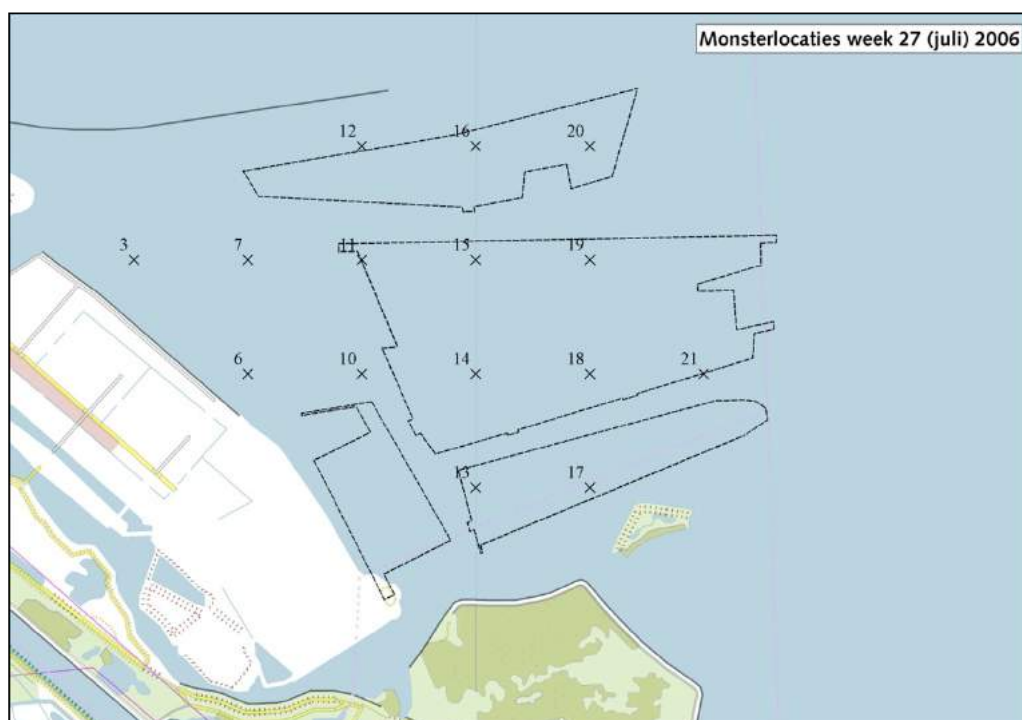
De aangetroffen mosselen zijn omgerekend in aantallen per m². Relaties met omgevingsvariabelen zijn bepaald op basis van lineaire regressie. Hierbij is mosseldichtheid uitgezet als afhankelijke variabele waarbij abundantie waterplanten en slibdikte zijn uitgezet als onafhankelijke variabelen.

Om verschillen tussen de gemiddelde dichtheid mosselen in natuurlijke zachte bodems in het IJmeer nabij IJburg omstreeks de eerste aanleg van IJburg (2006 - 2008) te vergelijken met de huidige periode (2014 - 2017), zijn dichtheden uit beide periodes vergeleken op basis van ANOVA.

Lineaire regressies en ANOVA's zijn uitgevoerd binnen het programma R (versie 3.0).



Figuur 1. Overzicht van monsterlocaties uit de standaardmonitoring kunstmatige mosselbanken en referentie (periode 2007 - 2017, 20 locaties) en aanvullende referentielocaties in 2014 (24 locaties), 2016 (10 locaties) en 2017 (13 locaties). Locaties uit de standaardmonitoring zijn aangegeven als 'Monitoringspunt' of 'Referentiepunt' 'Vak 0/1'; aanvullende locaties zijn weergegeven op jaartal (2014, 2016, 2017).



Figuur 2. Overzicht van monsterlocaties voor de realisatie van IJburg in 2006 (uit Schouten, 2006).



Figuur 3. Aanvullende habitattypes bemonstering 2017. Nabij vak 1 is een monster genomen van plantenscheuten binnen een veld waterplanten om de aanwezigheid van juveniele Dreissena mosselen vast te stellen op plantenscheuten (links, rode cirkel). Ter hoogte van een waterkering nabij IJburg 2 zijn drie monsters genomen van stortsteen (rechts, rode cirkel).

3 Resultaten

3.1 Verspreidingsareaal en dichtheden *Dreissena* mosselen

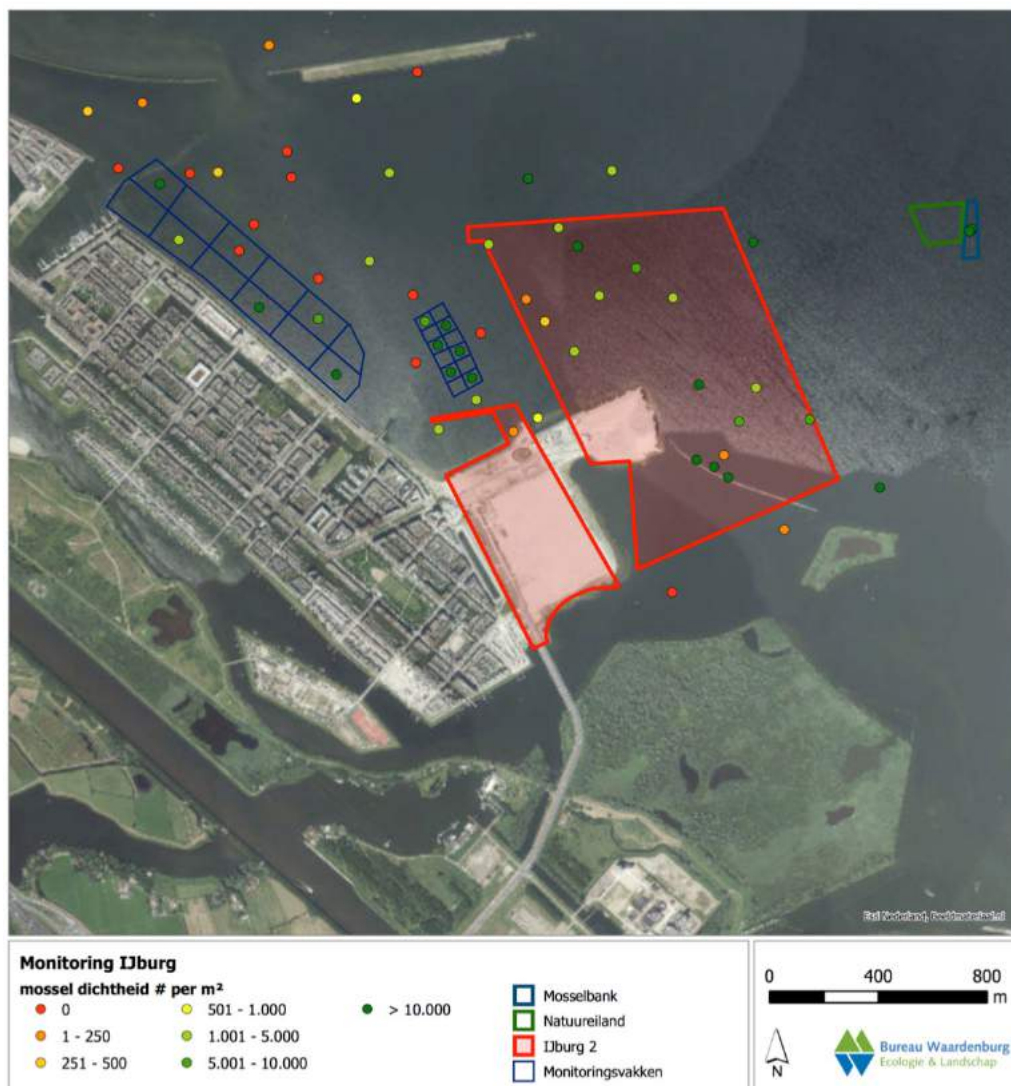
In figuur 4 staat een geografisch overzicht weergegeven van de verspreiding van *Dreissena* mosselen in het IJmeer nabij IJburg in de periode 2014 - 2017 geclassificeerd naar dichtheden. Uit het verspreidingsbeeld komt naar voren dat hoge dichtheden mosselen worden aangetroffen op de kunstmatige banken (vak 0 en vak 1) en het bemonsterde stortsteen op de waterkering nabij IJburg 2 (zie ook figuur 3). De referentiegebieden nabij de kunstmatige banken vak 0 en 1 herbergen relatief lage dichtheden mosselen, of herbergen helemaal geen mosselen. Op grotere afstand van de kunstmatige banken worden in de referentiegebieden op het zachte substraat wel hogere dichtheden *Dreissena* mosselen aangetroffen, o.a. nabij het geplande natuureiland en op de locatie IJburg 2^e fase.

De gemiddelde dichtheid mosselen op hard substraat zoals aanwezig op de kunstmatige banken en op stortsteen nabij IJburg 2^e fase is significant hoger dan op de zachte bodem in de referentiegebieden van IJburg (figuur 5, ANOVA, $df=1$, $F=13.71$; $P<0.001$).

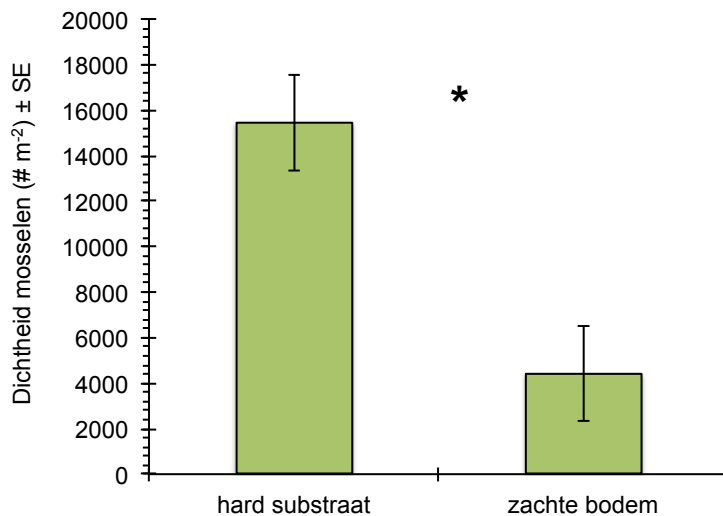
Het moet worden opgemerkt dat in IJburg pas *Dreissena* mosselen op stortsteen zijn vastgesteld wanneer de waterdiepte tenminste 50 cm bedraagt.

Driehoeksmossel en quaggamossel

De populatie mosselen zoals die in 2017 in het IJmeer aanwezig is wordt volledig gedomineerd door quaggamossel, 98% van alle waargenomen *Dreissena* mosselen is quaggamossel. Er is echter nog steeds een kleine populatie driehoeksmossel in het gebied aanwezig: ca. 1 op de 44 *Dreissena* mosselen is een driehoeksmossel.



Figuur 4. Geografisch overzicht van het voorkomen van *Dreissena* mosselen (aantallen per m²) in het IJmeer nabij IJburg in 2017 op basis van standaardmonitoringspunten (vak 0 en 1, referentiepunten, data 2017) en aanvullende referentiepunten uit 2014 (n=24), 2016 (n=10) en 2017 (n=13).



Figuur 5. Gemiddelde dichtheden *Dreissena* mosselen in 2017 op hard substraat (kunstmatige banken vak 0 en 1, aanvullende stortstenen) en op zacht substraat. * geeft significant verschil weer tussen beide type substraten (ANOVA, $df=1$, $F=13.71$; $P<0.001$).

3.2 *Dreissena* populatie dichtheden 2006 - 2008 versus 2014 - 2017

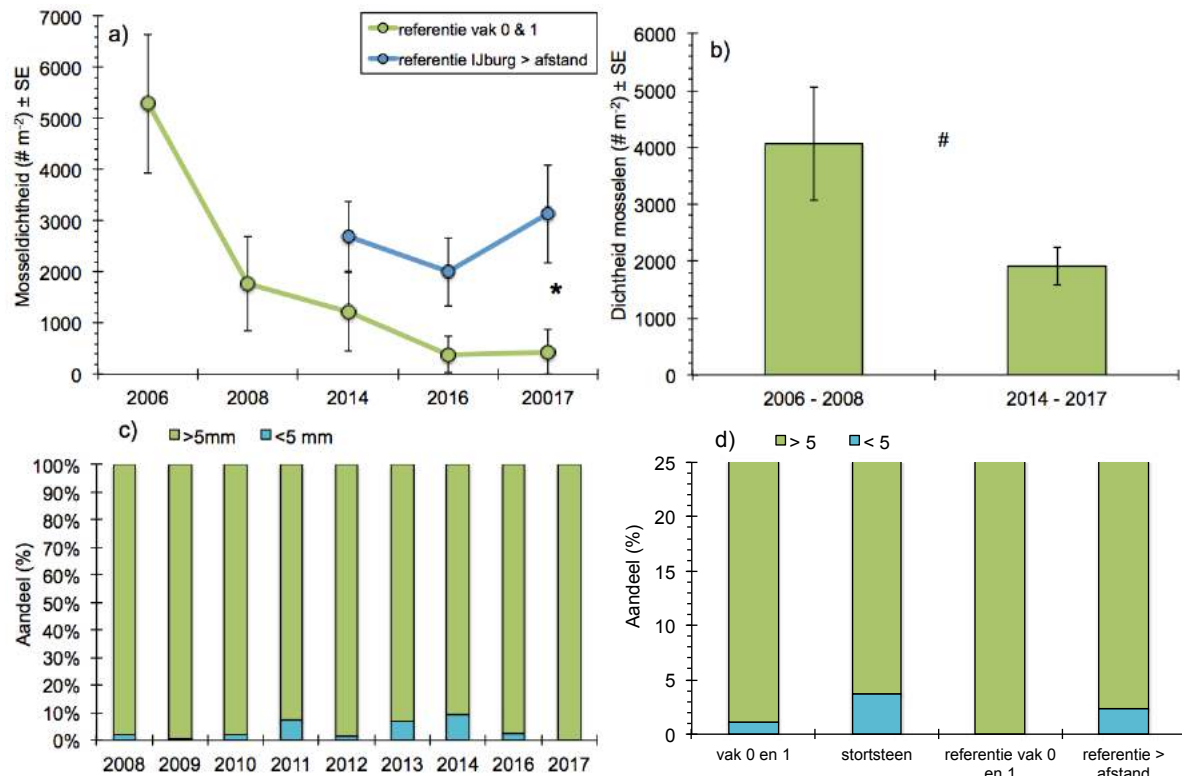
In Dorenbosch *et al.* (2017) is reeds het populatieverloop van *Dreissena* mosselen op de kunstmatige banken in vak 0 en 1 beschreven. Hierin is beschreven dat mosseldichtheden op de banken na een scherpe afname in de periode 2011 - 2013 relatief stabiel zijn in de periode 2014 - 2017. De dichtheid mosselen op de banken in vak 0 en 1 met hard substraat is daarbij anno 2017 nog steeds hoger dan op de zachte bodem in referentiegebieden (zoals zichtbaar in figuur 5).

Wanneer het populatieverloop van *Dreissena* mosselen in het IJmeer nabij IJburg op de zachte bodem wordt onderzocht (buiten de kunstmatige banken vak 0 en 1), is sprake van een duidelijke afname in recente jaren (2014 - 2017) ten opzichte van de uitgangssituatie omstreeks 2006 - 2008 (figuur 6a, b). De gemiddelde dichtheid *Dreissena* mosselen op het natuurlijke zachte substraat nabij IJburg is daarbij significant lager in de periode 2014 - 2017 dan in de periode 2006 - 2008 (figuur 6b, ANOVA, $df=1$, $F=7.18$; $P=0.009$).

Opvallend is dat de mosseldichtheden sterk verschillen binnen de referentiegebieden rondom IJburg (zoals ook reeds zichtbaar in figuur 4). De gemiddelde dichtheid mosselen in de referentiegebieden aangrenzend aan de kunstmatige banken vak 0 en 1 is significant lager dan de dichtheid mosselen in referentiegebieden op grotere afstand van de kunstmatige banken (figuur 6a, ANOVA, $df=1$, $F=8.31$; $P=0.005$).

In figuur 6c staat daarnaast de verhouding tussen schelpen < 5 mm (juvenile dieren) en > 5 mm (subadulte en adulte dieren) van de mosselpopulatie in de referentiegebieden weergegeven voor de periode 2008 - 2017. In deze periode bestaat de mosselpopulatie jaarlijks voor een klein deel uit mosselen < 5 mm. Dit is een maat voor de voortplanting van dat jaar. In 2017 ontbreekt echter de complete grootteklasse mosselen < 5 mm in de

populatie mosselen in de referentiegebieden. Op het hard substraat van de banken vak 0 en 1, het stortsteen van IJburg 2^e fase en de referentiegebieden op grotere afstand van vak 0 en 1 is in 2017 wel sprake van de aanwezigheid van mosselen < 5 mm (figuur 6d).



Figuur 6. Verloop gemiddelde dichtheden *Dreissena* mosselen in referentiegebieden in IJburg. Figuur a geeft het dichtheidsverloop weer in referentiegebieden aangrenzend aan de kunstmatige banken vak 0 en 1 (2006 - 2017) en in de referentiegebieden op grotere afstand van vak 0 en 1 in de jaren 2014, 2016 en 2017. Figuur b geeft de gemiddelde dichtheid weer van alle referentiemonsters in de periode 2006 - 2008 en de periode 2014 - 2017. Figuur c geeft voor de periode 2008 - 2017 jaarlijks de verhouding tussen schelpen > 5 mm (adult) en < 5 mm (juveniel) weer voor de mosselpopulatie in referentiegebieden van vak 0 en 1, figuur d geeft vervolgens voor 2017 de verhouding tussen schelpgroottes weer voor de mosselpopulatie op het hard substraat van vak 0 en 1 en het stortsteen van IJburg 2^e fase en in de referentiegebieden van vak 0 en 1 en op grotere afstand (hierbij loopt de schaal van y-as door tot 100% - niet weergegeven). * geeft significant verschil weer tussen de gemiddelde mosseldichtheid in de referentie direct aangrenzend aan vak 0 en 1 en de referentie op grotere afstand van vak 0 en 1 (figuur a, ANOVA; df=1; F=8.31; P=0.005); # geeft significant verschil weer tussen de gemiddelde mosseldichtheid in de referentiegebieden in de periode 2006 - 2008 en 2014 - 2017 (figuur b, ANOVA; df=1; F=7.18; P=0.009).

3.3 Mosseldichtheden, waterplanten en slibdikte

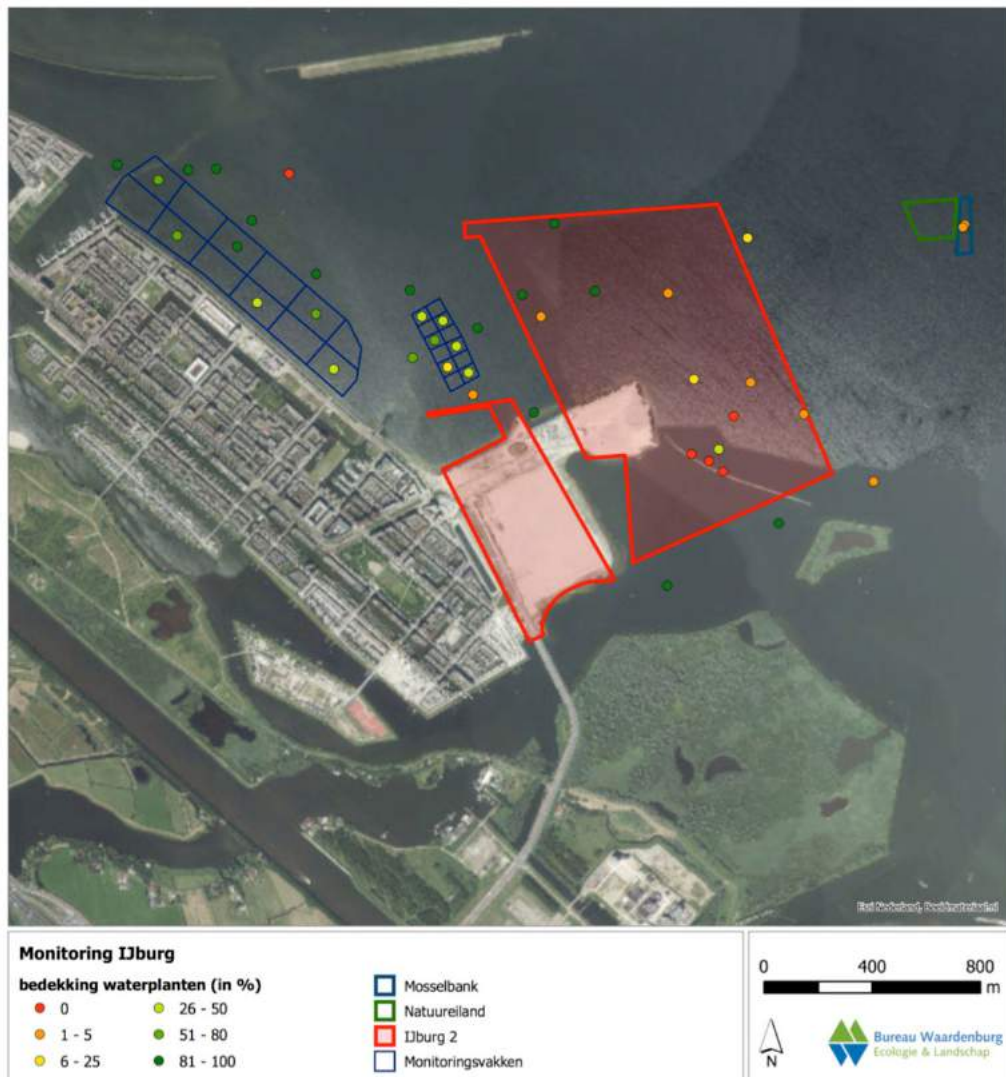
Waterplanten

In de jaren 2006 - 2008 bij de aanleg van de kunstmatige banken vak 0 en vak 1 was er nauwelijks sprake van waterplantengroei in het IJmeer ter hoogte van IJburg. In de laatste jaren worden echter veelvuldig grote velden waterplanten waargenomen. In 2017 was er hierbij sprake van grote velden waterplanten (kranswieren - *Chara* sp. en smalle waterpest - *Elodea nutallii*) die over relatief grote oppervlakte de bodem volledig bedekten. Onder deze laag waterplanten werden nauwelijks tot geen *Dreissena* mosselen meer aangetroffen.

De uitbundige groei van waterplanten komt echter niet overal voor rondom IJburg. Figuur 7 geeft een overzicht van de abundantie van waterplanten op monsterlocaties in 2016 en 2017. Waterplantenbedekkingen blijken vooral hoog te zijn op de kunstmatige bank vak 1 en het aangrenzende referentiegebied. Op andere monsterlocaties zijn hoge abundanties waterplanten meer willekeurig van aard en lijken velden waterplanten onregelmatig verspreid te zijn. Nog verder richting het oosten (buitenzone van IJburg 2^e fase en nabij het geplande natuureiland) is de abundantie van waterplanten relatief laag.

Wanneer alle monsterpunten uit 2016 en 2017 gecombineerd worden blijkt er een significant lineair verband te zijn tussen de abundantie waterplanten en de dichtheid *Dreissena* mosselen (figuur 9a, $R^2=0.29$; $P<0.001$). Dit verband is negatief, naarmate waterplanten abundanter worden neemt de dichtheid mosselen af. Opvallend is dat van de 18 monsterpunten waarbij sprake was van een waterplantenbedekking van 100%, 12 monsters (67%) helemaal geen levende *Dreissena* mosselen herbergden. De hoge abundantie waterplanten in het referentiegebied van vak 0 en 1 valt ook samen met het ontbreken van juveniele mosselen (< 5 mm) in deze referentiegebieden (figuur 6c, 6d).

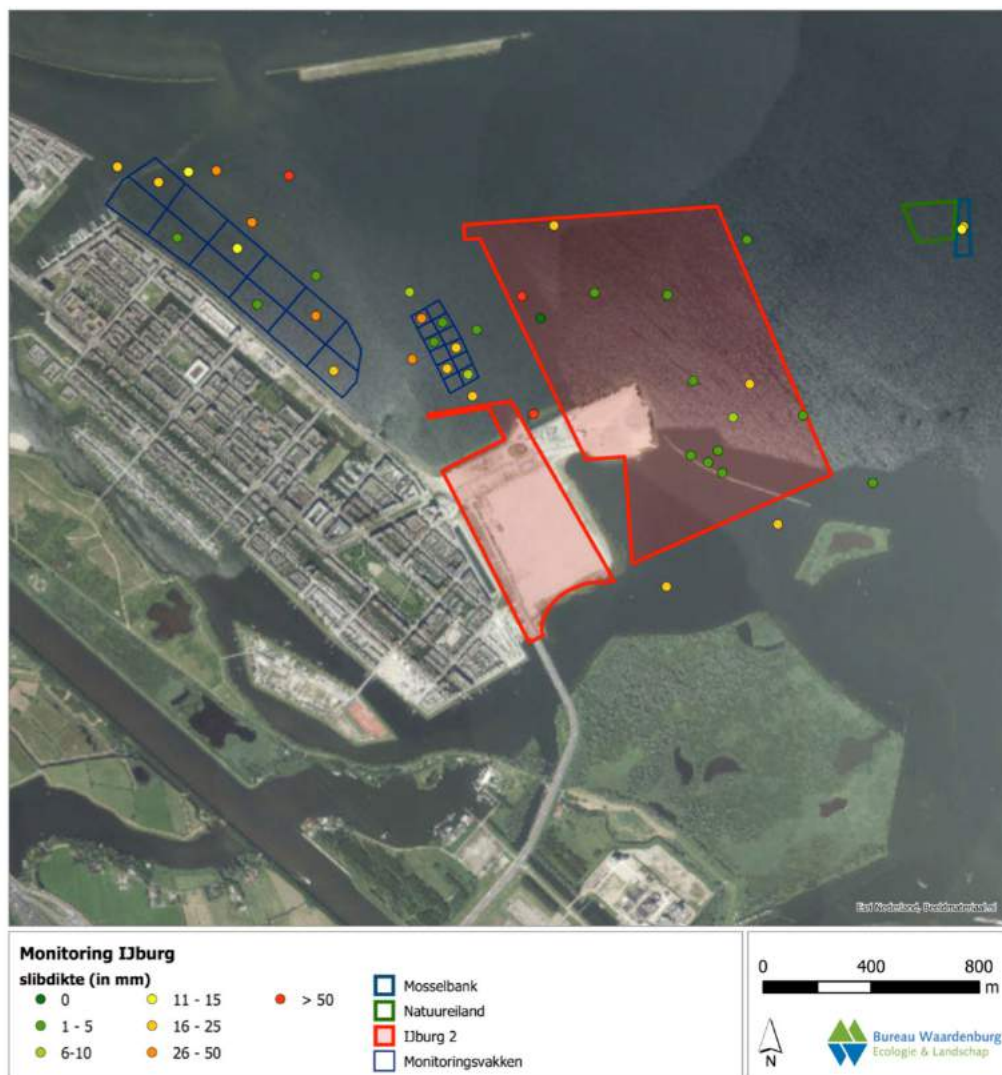
Hoewel op de zachte bodem onder velden met waterplanten bedekkingen van 100% geen levende mosselen worden aangetroffen, toont het monster van de plantenscheuten uit een groot plantenveld van de referentie van vak 1 aan dat zich op de plantenscheuten boven de bodem wel juveniele mosselen kunnen vestigen. In dit monster werden 48 juveniele mosselen aangetroffen (< 10 mm) op de plantenscheuten. Dit betroffen driehoeksmosselen, er werden geen quaggamosselen op de plantenscheuten gevonden. Het is niet onderzocht in hoeverre deze mosselen kunnen overleven naar volgend jaar. In de winter sterven de plantenscheuten af en vallen de juveniele driehoeksmosselen op de bodem (zie ook Dorenbosch *et al.*, 2017).



Figuur 7. Geografisch overzicht van de abundantie van waterplanten in het IJmeer nabij IJburg op basis van standaardmonitoringspunten (vak 0 en 1, referentiepunten, data 2017) en aanvullende referentiepunten uit 2016 (n=10) en 2017 (n=13).

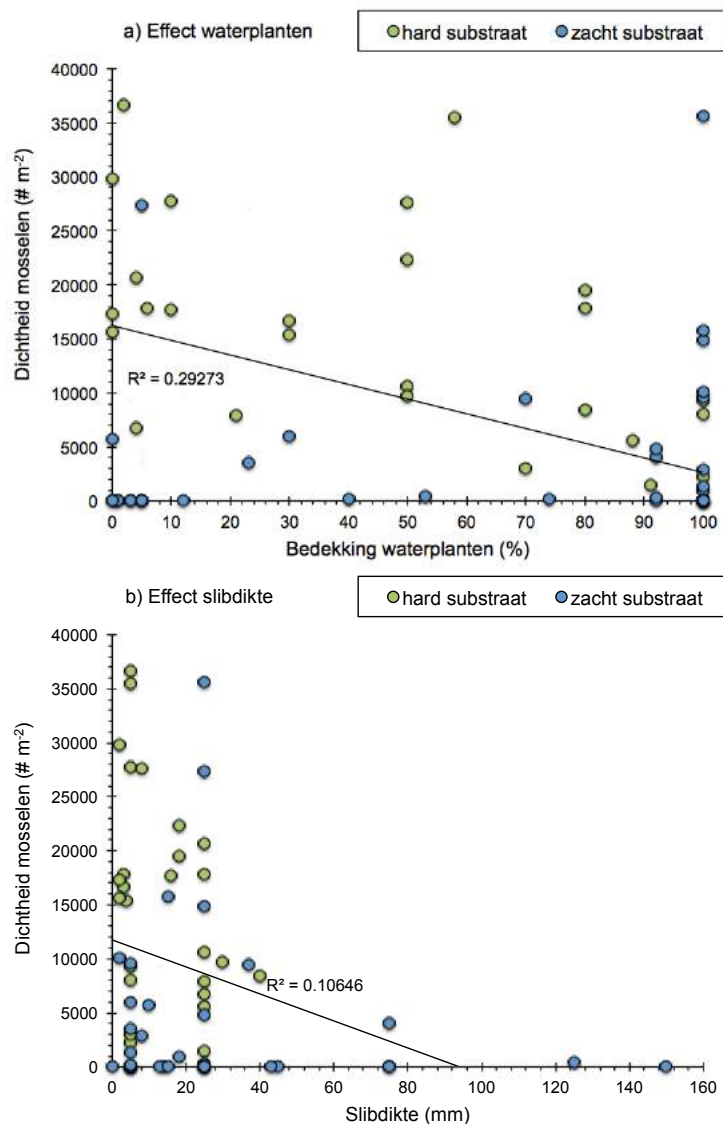
Slibdikte

Evenals de abundantie van waterplanten is ook de slibdikte van monsterlocaties niet constant over het hele onderzochte gebied in IJburg voor de jaren 2016 en 2017 (figuur 8). De variatie in slibdikte is echter relatief beperkt, een groot deel van de monsterlocaties heeft slibdiktes tussen 0 en 8 mm (43%) en tussen 10 en 25 mm (41%), terwijl een klein deel van de monsterlocaties slibdiktes heeft groter dan 30 mm (16%). In de referentie nabij vak 1 is sprake van relatief veel monsterlocaties met een grotere slibdikte. Dit valt samen met een hoge abundantie van waterplanten (figuur 7). Het grootste deel van de monsterlocaties op de kunstmatige banken, de bemonsterde stortstenen en de monsterlocaties ter hoogte van IJburg 2^e fase heeft relatief lage slibdiktes (< 6 mm).



Figuur 8. Geografisch overzicht van slibdikte verdeling in het IJmeer nabij IJburg op basis van standaardmonitoringspunten (vak 0 en 1, referentiepunten, data 2017) en aanvullende referentiepunten uit 2016 (n=10) en 2017 (n=13).

Net zoals voor waterplanten is er sprake van een negatief significant lineair verband tussen slibdikte en de dichtheid *Dreissena* mosselen (figuur 9b, $R^2=0.11$; $P=0.009$). Naarmate de slibdikte toeneemt, neemt de dichtheid mosselen af. Het verband is echter minder sterk als het verband tussen mosselen en waterplanten ($R^2=0.11$ voor het effect van slibdikte versus $R^2=0.29$ voor het effect van waterplanten). Op basis van figuur 9b lijken vooral de monsterpunten met hoge slibdiktes (vanaf 40 mm dikte) de relatie te bepalen. Vanaf 40mm slibdikte worden geen *Dreissena* mosselen meer aangetroffen. Tussen 0 en 40 mm is er echter geen duidelijke relatie meer zichtbaar tussen mosseldichtheid en slibdikte.



Figuur 9. Lineaire regressie verbanden tussen waterplanten bedekking en mosseldichtheid (figuur a, $R^2=0.29$; $df=1,61$; $F=25.25$; $P<0.001$) en tussen slibdikte en mosseldichtheid (figuur b, $R^2=0.11$; $df=1,61$; $F=7.27$; $P=0.009$). De gebruikte data omvat alle monsters uit de jaren 2016 en 2017, er is onderscheid gemaakt tussen monsters op hard substraat (kunstmatige banken vak 0 en 1, stortsteen monsters - 2017) en zacht substraat (referentiegebieden).

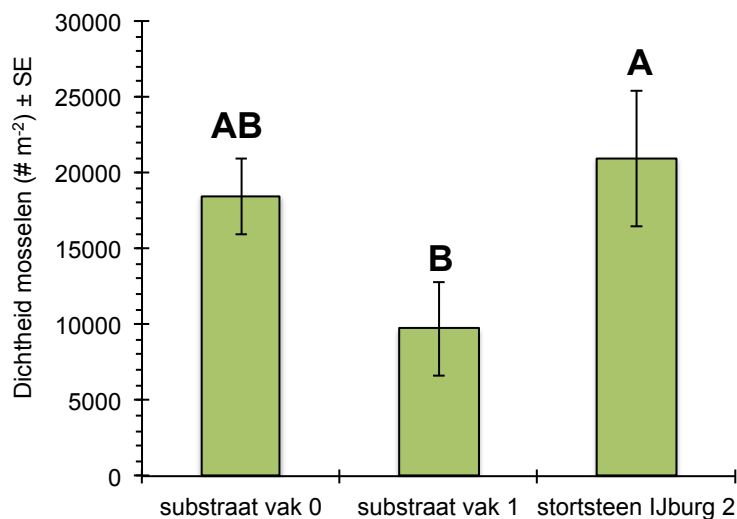
Mate van slibaangroei op de kunstmatige banken

Op de mosselbanken van vak 0 en 1 werd in 2017 een gemiddelde slibdikte vastgesteld van 17 mm, de hoogste slibdikte die op de banken in 2017 werd gemeten bedroeg 43 mm. Er vanuit gaande dat de banken nu tien jaar bestaan, is de gemiddelde slibaangroei 1,7 mm per jaar, met een maximum van 4,3 mm per jaar.

3.4 Voorkomen van mosselen in andere habitattypes

Op basis van de beschikbare monsterpunten komen *Dreissena* mosselen rondom IJburg in uiteenlopende habitattypes voor. In de periode 2007 - 2017 blijken dichtheden relatief hoog te zijn op het harde substraat zoals dat is toegepast op de kunstmatige banken van vak 0 en vak 1. De drie aanvullende monsterpunten uit 2017 waarbij stortsteen is bemonsterd laten eveneens hoge dichtheden mosselen zien.

Op basis van de gegevens uit 2017 zijn de mosseldichtheden op stortsteen zoals dat wordt toegepast in de waterkering bij IJburg 2^e fase vergelijkbaar met de dichtheden op de kunstmatige banken (figuur 10). De dichtheid mosselen op het stortsteen is daarbij vergelijkbaar met de dichtheid op het harde substraat van vak 0, de dichtheid mosselen in vak 1 is zelfs lager dan die van de dichtheid op stortsteen en op het harde substraat in vak 0 (ANOVA, $df=2$, $F=3.46$, $P=0.065$).



Figuur 10. Gemiddelde dichtheden Dreissena mosselen in 2017 op drie soorten hard substraat: hard substraat van de kunstmatige banken vak 0 en 1 en stortsteen in de waterkering ter hoogte van IJburg 2. De lettercombinaties geven significantie verschillen aan tussen de drie type hard substraat (ANOVA, $df=2$, $F=3.46$; $P=0.065$), de dichtheid mosselen verschilt tussen het substraat van vak 1 en het stortsteen terwijl er geen verschillen zijn tussen vak 0 en stortsteen en tussen vak 0 en vak.

In paragraaf 3.3 is reeds benoemd dat driehoeksmosselen ook in staat zijn om op plantenscheuten te groeien op locaties waar de waterbodem volledig bedekt is met waterplanten.

4 Conclusies & aanbevelingen

4.1 Verspreiding en populatieveranderingen

Op basis van het bekende verspreidingsbeeld van *Dreissena* mosselen kunnen de volgende zaken gesteld worden:

- *Dreissena* mosselen komen over een relatief groot gebied voor in het IJmeer nabij IJburg, inclusief de zone op grotere afstand van IJburg waar het natuureiland gepland is.
- Er is sprake van een onevenwichtige verspreiding, harde substraten zoals de kunstmatige banken vak 0 en 1 en stortsteen nabij IJburg 2^e fase herbergen hoge dichtheden mosselen. Op natuurlijke zachte substraten is sprake van gebiedsdelen rondom IJburg met lage dichtheden mosselen of waar mosselen helemaal afwezig zijn (referentiegebieden nabij de kunstmatige banken vak 0 en 1). Daarentegen zijn ook gebiedsdelen met een zachte bodem aan te wijzen waar de dichtheid mosselen relatief hoog is.
- De populatie *Dreissena* mosselen bestaat vrijwel volledig uit quaggamossel. De driehoeksmosselen weten zich echter in zeer lage dichtheden te handhaven in het IJmeer rondom IJburg.

De populatie *Dreissena* mosselen rondom IJburg is onderhevig aan veranderingen door de jaren heen:

- Na een periode van sterke afname van de dichtheid mosselen op de kunstmatige banken vak 0 en 1 tussen 2011 en 2013, is er in de periode 2014 - 2017 sprake van relatief stabiele dichtheden.
- In de aangrenzende referentie gebieden van vak 0 en 1 is er echter sprake van een afname in dichtheden mosselen. In vergelijking met de periode 2006 - 2008 is de dichtheid mosselen in deze referentiegebieden in de periode 2014 - 2017 significant lager.
- Op enige afstand van de kunstmatige banken is de dichtheid mosselen op natuurlijke zachte substraten echter weer hoger.
- In de referentiegebieden van de banken van vak 0 en 1 werden in 2017 geen juveniele mosselen < 5 mm aangetroffen. Dit is een sterke aanwijzing dat in dit deelgebied nauwelijks tot geen voortplanting van *Dreissena* mosselen heeft plaatsgevonden.

Vergelijking met de IJsselmeerregio

In Dorenbosch *et al.* (2017) is een beknopte vergelijking gemaakt tussen de populatie grootte van *Dreissena* mosselen rondom IJburg en andere populaties in de IJsselmeerregio (Markermeer, zuidelijke Randmeren en IJsselmeer). Hieruit blijkt dat anno 2017, de populatiegrootte van *Dreissena* mosselen in IJburg op zijn minst vergelijkbaar is met andere *Dreissena* populaties in het IJsselmeer gebied (in vergelijking met sommige gebieden zelfs groter).

Daarnaast wordt specifiek voor het Markermeer melding gemaakt van een neergaande trend in de vitaliteit van *Dreissena* populaties in het Markermeer, hetgeen zich o.a.

manifesteert in kleinere schelpenlengte en verlaagde drooggewicht biomassa's van mosselen (Noordhuis & Houwing, 2003; Noordhuis *et al.*, 2014). De mosselmonitoring in IJburg laat alleen een afname in populatiedichtheden zien voor de referentiegebieden direct naast de mosselbanken van vak 0 en 1. Deze afname lijkt vooral te maken te hebben met de toename van bedekking van waterplanten en opslibbing (zie § 4.2).

Verderop in het IJmeer en op de mosselbanken zelf, zijn mossel dichtheden relatief stabiel en lijkt geen sprake te zijn van een neergaande trend zoals beschreven voor het Markermeer. In het voorliggende onderzoek zijn echter geen detail metingen uitgevoerd die de vitaliteit van mosselen nauwkeurig in beeld kunnen brengen (zoals schelpenlengte en drooggewicht - biomassa). Het is niet uitgesloten dat de Markermeer brede neerwaartse trend ook de mosselen ter hoogte van IJburg negatief beïnvloedt.

4.2 Effect van waterplanten en opslibbing

Op basis van de beschikbare monsters uit 2016 en 2017 blijken zowel abundantie van waterplanten en slibdikte significante effecten te hebben op het voorkomen van *Dreissena* mosselen. Hierbij kan het volgende geconcludeerd worden:

- Een toenemende biomassa waterplanten heeft een negatief effect op de dichtheid mosselen. Wanneer de bodem volledig overgroeid raakt met waterplanten (bedekking van 100%) worden in een groot deel van de betreffende monsters geen levende *Dreissena* mosselen meer op de bodem aangetroffen.
- Op basis van een plantenmonster blijkt driehoeksmossel wel in staat te zijn om in het juveniele stadium op plantenscheuten te groeien. Deze capaciteit stelt driehoeksmossel wellicht in staat om ook bij hoge bedekkingen waterplanten te overleven. Of de mosselen ook daadwerkelijk de winter overleven is niet onderzocht. Waterplanten sterven in de winter af, de mosselen vallen dan op de waterbodem.
- Ook toenemende slibdikte (ten gevolge van opslibbing) heeft een negatief effect op de dichtheid *Dreissena* mosselen. Dit is echter pas het geval als de slibdikte > 30 mm bedraagt.
- Slibdiktes < 30 mm lijken geen effect te hebben op de dichtheid mosselen op de bodem.

4.3 Aanbevelingen inrichting IJburg en natuureiland

De monitoring laat zien dat mosseldichtheden rondom IJburg de laatste jaren zijn afgenomen ten opzichte van de periode net voor of net na aanleg van de kunstmatige mosselbanken. Waarschijnlijk is de toename van waterplanten in combinatie met opslibbing debet aan deze afname.

In de huidige staat zijn er nog voldoende mosselen op de harde substraten van de kunstmatige mosselbanken aanwezig. Het is echter niet ondenkbaar dat waterplanten verder zullen toenemen en resterende mosselbanken gaan overgroeien. Een mogelijke oplossing om dit proces op te vangen is het bijstorten van hard substraat op de bestaande mosselbanken. Hierbij kunnen ook alternatieve grotere driedimensionale innovatieve

structuren worden toegepast die hoger boven de bodem uitreiken (tot 1 m boven het bodem oppervlak) en overgroei door waterplanten en/of opslibbing langer kunnen weerstaan, bijv. biologisch afbreekbare BESE structuren of dood houtobjecten.

Nabij IJburg 2 blijken de stortsteenstructuren zoals die gebruikt worden in strekdammen en waterkeringen ook op grote schaal door *Dreissena* mosselen gekoloniseerd te worden. Afhankelijk van de totale oppervlakte onderwater kunnen deze onderwaterobjecten die worden aangelegd in het kader van IJburg 2^e fase serieus bijdragen aan de totale populatie *Dreissena* mosselen rondom IJburg.

Innovatieve driedimensionale structuren

De aanvullende bemonstering laat tevens zien dat er rondom het geplande natuureiland sprake is van natuurlijke mosselbanken op de zachte waterbodem. De uitgangssituatie is hierbij vergelijkbaar met de situatie voor de aanleg van de kunstmatige banken vak 0 en 1. Om de mosseldichtheid en populatiegrootte van de bestaande natuurlijke mosselbanken op deze plaats effectief te vergroten, is het zinvol om clustergewijs grotere driedimensionale structuren te plaatsen in plaats van de bodem integraal te bestorten met hard substraat.

In uitgevoerde pilot proeven zijn reeds toegepaste structuren uit praktisch oogpunt vaak 1 m x 1 groot. Op basis van de opslibbing die op de mosselbanken vak 0 en 1 is vastgesteld (max. 4.3 mm per jaar), is het raadzaam om eventuele nieuwe innovatieve structuren tenminste 50 cm boven de bodem uit te laten steken. De structuren hebben dan voldoende ruimte om enkele jaren boven de opslibbende bodem uit te steken en mosselaangroei mogelijk te maken (in 10 jaar is er op basis van de maximale opslibbing van vak 0 en 1 sprake van 4,3 cm slib). Tevens is er dan voldoende ruimte om *Dreissena* mosselen te kunnen laten groeien in de zone boven zich ontwikkelende matten van plantenscheuten - en wortels (zoals velden kranswier, doorgroeid fonteinkruid en smalle waterpest). Na tien jaar maximale opslibbing is er nog steeds ca. 45 cm ruimte voor mosselen om te groeien. Dit komt ongeveer overeen met de gemiddelde dikte van de mat plantenscheuten en - wortels zoals die ter hoogte van IJburg zijn vastgesteld nabij vak 1. De structuren zijn hiermee robuust tegen negatieve effecten van opslibbing en snelle groei van waterplanten.

Geclusterd aanbrengen van nieuwe structuren

De driedimensionale structuren kunnen geclusterd worden aangebracht op de waterbodem (zie ook onderstaande foto's). Een clustergewijs ontwerp voorkomt dat de waterbodem integraal bestort wordt met hard substraat waardoor bestaande mosselbanken grotendeels verloren zou gaan. Tegelijkertijd bewerkstelligen de clusters een dichtheid verhogend effect op mosselen vergelijkbaar met de kunstmatige mosselbanken vak 0 en 1.

Daarnaast zorgt het clustergewijze ontwerp voor kleine stroomgeulen (gedreven door wind en golven) tussen de structuren die opslibbing verminderen (Bak *et al.*, 2014)

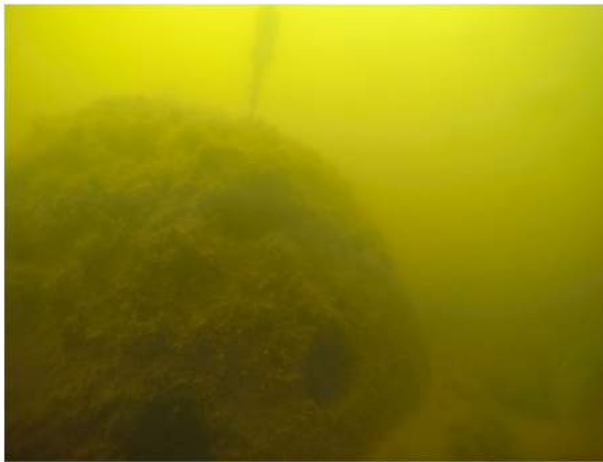
Onderstaande foto's geven een beeld van hoe innovatieve harde substraten toegepast kunnen worden om groei van mosselen op kunstmatige structuren te faciliteren.

Mogelijkheden van stortsteen als substraat

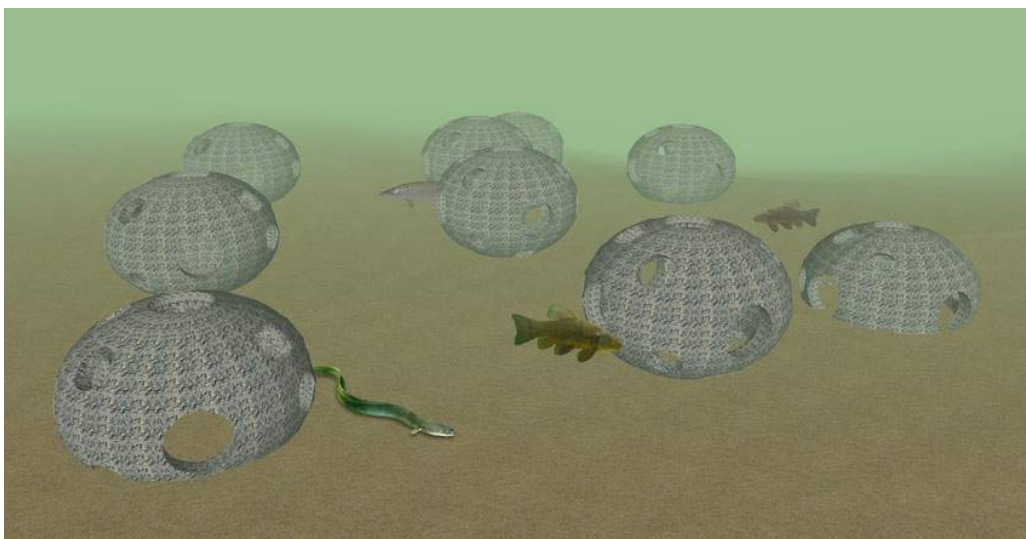
De metingen uit dit onderzoek tonen aan dat stortsteen zoals dat is toegepast in waterkeringen ook door hoge dichtheden *Dreissena* mosselen gekoloniseerd worden.

Stortstenen hebben daarmee dus ook een additieve functie voor de *Dreissena* populatie rondom IJburg. Belangrijke voorwaarde hierbij is dat de stortstenen tenminste dieper liggen dan 50 cm onder het wateroppervlak.

Stortstenen die nu in IJburg liggen kunnen wellicht worden hergebruikt op andere locaties in IJburg. Naar verwachting worden stortstenen nadat ze zijn aangebracht onmiddellijk gekoloniseerd door *Dreissena* mosselen. Ook hier verdient het geclusterd aanbrengen van stortstenen (minimaal 50 cm onderwater) de voorkeur boven integrale bestorting over een groter gebied.



Plaatsen van een rifkorf (rechts) en een rifkorf onderwater begroeid met mosselen (links).



Geclusterd ontwerp van een groep rifkorven.



Biologisch afbreekbare BESE structuren begroeid met een hoge dichtheid mosselen.



Het plaatsen van dood hout (complete bomen) in de rivier (boven) dat vervolgens door hoge dichtheden mosselen wordt gekoloniseerd (onder).

4.4 Aanbevelingen monitoring

Verspreiding waterplanten

De monitoringsresultaten suggereren dat de verspreiding van waterplanten in het IJmeer nabij IJburg toeneemt. Dit is gebaseerd op de huidige beschikbare monsterpunten. Het is niet duidelijk hoe de verspreiding van waterplanten vorm heeft over een groter geografisch gebied rondom IJburg. Mogelijk dat grote concentraties waterplanten zich alleen in de ondiepe zones nabij de kunstmatige bank van vak 1 bevinden en dat in de diepere delen rondom IJburg, waterplanten minder talrijk of zeldzaam zijn. Uitgaande van de suggestie dat waterplanten de verspreiding van mosselen negatief beïnvloeden, zullen zich vooral in de diepere zones grotere mosselbanken kunnen handhaven.

Foeragerende duikeenden

Een belangrijke doelstelling in het natuurcompensatieplan IJburg is het behouden van foerageerkansen voor duikeenden. Hierbij is een belangrijke aanname dat veel duikeenden *Dreissena* mosselen als stapelvoedsel gebruiken (Noordhuis *et al.*, 2014). Om het huidige functioneren van het IJmeer nabij IJburg voor foeragerende duikeenden te beoordelen (mede in relatie tot de al dan niet aanwezige mosselbanken) is het zinvol om bestaande watervogeltellingen te relateren aan het voorkomen van mosselen op bekende foerageerclusters van watervogels. Op deze wijze kan inzichtelijk worden gemaakt of watervogels (inclusief duikeenden) daadwerkelijk foerageren boven mosselbanken of dat zones met abundante waterplantengroei ook aantrekkelijke foerageergebieden zijn.

5 Referenties

- Bak A., B. van den Boogaard & K. Dideren, 2014. Onderwater natuurrijf van rifballen. Veldexperiment in de Waterproeftuin van het Markermeer in het kader van Onderzoeksprogramma Natuurlijk(er) Markermeer – IJmeer. Eindrapport 2014. Rapportnummer 14-216, Bureau Waardenburg bv., Culemborg.
- Bouma S., Lengkeek W. & Bergsma J.H., november 2007. Vestiging van driehoeksmosselen op een kunstmatig aangelegde 'mosselbank' bij IJburg en het opstarten van een 'exclosure experiment'. Rapport nr. 07-177, Bureau Waardenburg bv., Culemborg.
- Dorenbosch, M., F.M.F. Driessen & J.H. Bergsma, 2017. *Dreissena* mosselen op kunstmatige banken en referentiegebieden in IJburg. Monitoringsresultaten 2017. Bureau Waardenburg Rapportnr. 17-179. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Dorenbosch M., 2015. Overzicht uitbreiding en monitoring mosselbanken IJburg 2014. Bureau Waardenburg Notitie project 14-641. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Dorenbosch, M., 2017. *Dreissena* mosselen op kunstmatige banken en referentiegebieden in IJburg. Monitoringsresultaten 2016. Bureau Waardenburg Rapportnr. 16-178. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Noordhuis, R., & E Houwing, 2003. Afname van de Driehoeksmossel in het Markermeer. Oorzaken en gevolgen van een vermoedelijke "crash" met betrekking tot waterkwaliteit, slibhuishouding en natuurwaarden. RIZA rapport 2003.016, RIZA Lelystad
- Noordhuis R., S. Groot, M. Dionisio Pires & M. Maarse, 2014. Wetenschappelijk eindadvies ANT-IJsselmeergebied. Vijf jaar studie naar kansen voor het ecosysteem van het IJsselmeer, Markermeer en IJmeer met het oog op de Natura-2000 doelen. Rapport Deltares 1207767, Utrecht
- Schouten, P. 2006. Driehoeksmosselen rond IJburg tweede fase. Rapport nr 06-127a, Bureau Waardenburg, Culemborg

Bijlage

In onderstaande tabel staan variabelen over diepte, doorzicht, slibdikte en het voorkomen van waterplanten zoals die verzameld zijn in 2017 op monsterpunten weergegeven in figuur 1 en 2.

Locatie	Naam monster	datum	diepte	m	%	%	%	hard substraat	water- planten	lib- dikte	#	driehoeksmossel			quaegamossel			mL	%	monster uitgezocht	m² bemonster d	oppervlak	totaal #/m²
												#	mL	#	#	mL	#						
extra harde substraat	stortsteen IJburg 2	03-10-17	1.7	0	0	100	0	2	0	2	0	1	18	1.5	19	559	170.0	50	0.04	14925			
extra harde substraat	stortsteen IJburg 2	03-10-17	1.5	0	0	100	0	2	0	2	0	9	9	0.5	22	663	85.2	100	0.04	17350			
extra harde substraat	stortsteen IJburg 2	03-10-17	1.2	0	0	100	0	2	0	0	0	1	6	0.4	28	590	160.0	100	0.04	15625			
extra zachte substraat	natuureiland	03-10-17	2.5	20	0	80	0	13	0	0	0	2	2	0.2	4	266	100.2	25	0.113	2407			
extra zachte substraat	natuureiland	03-10-17	2.5	30	0	70	1	25	0	0	0	29	976	107.0	25	976	107.0	25	0.113	8894			
extra zachte substraat	natuureiland	03-10-17	2.4	20	0	80	1	15	0	0	0	1	1	0.1	419	58.0	25	0.113	3717				
extra zachte substraat	plantenschuilen vak 1	03-10-17	1.7	100	0	0	100	45	0	0	0	5	43	2.0	20	401	105.0	100	0.113	192			
extra zachte substraat	zachte bodem IJburg 2	03-10-17	1.8	60	0	40	5	5	0	0	0	1	40	2.6	20	401	105.0	100	0.113	4088			
extra zachte substraat	zachte bodem IJburg 2	03-10-17	2.0	70	0	30	5	25	0	0	0	8	8	0.7	266	61.0	50	0.113	2425				
extra zachte substraat	zachte bodem IJburg 2	03-10-17	2.0	70	0	30	0	10	0	0	0	1	23	1.6	3	312	93.0	50	0.113	3000			
extra zachte substraat	zachte bodem IJburg 2	03-10-17	1.9	100	0	0	40	5	0	0	0	2	9	0.6	3	13	4.2	100	0.113	239			
extra zachte substraat	zachte bodem IJburg 2	03-10-17	2.5	0	95	5	5	0	0	0	0	15	2.0	2.0	24	4.2	100	0.113	345				
extra zachte substraat	zachte bodem IJburg 2	03-10-17	2.8	100	0	0	0	150	0	0	0	5	5	0.3	381	110.0	100	0.04	9650				
vak 0 harde substraat	M01	20-sep-17	1.9	40	0	60	50	30	4	0	0	5	5	0.3	617	107.0	100	0.04	15425				
vak 0 harde substraat	M02	20-sep-17	1.9	10	0	90	30	4	0	0	0	7	7	0.8	21	867	185.0	100	0.04	17825			
vak 0 harde substraat	M03	20-sep-17	2.1	10	0	90	80	3	1	0	0	4	4	0.2	40	1065	183.0	100	0.04	22375			
vak 0 harde substraat	M04	20-sep-17	2.2	10	0	90	50	18	2	0	0	7	7	0.8	21	867	185.0	100	0.04	22375			
vak 0 harde substraat	M05	20-sep-17	1.9	5	0	95	50	8	4	0	0	4	4	0.2	13	692	350.5	100	0.04	27625			
vak 0 harde substraat	M06	20-sep-17	2.2	50	0	50	10	16	2	0	0	4	4	0.2	13	692	350.5	100	0.04	17725			
vak 0 zachte substraat	R01	20-sep-17	2.3	100	0	0	100	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.113	0				
vak 0 zachte substraat	R02	20-sep-17	2.3	0	100	0	100	2	0	0	0	18	18	2.2	377	155.0	100	0.113	3496				
vak 0 zachte substraat	R03	20-sep-17	2.5	40	0	60	5	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.113	0				
vak 0 zachte substraat	R04	20-sep-17	2.5	100	0	0	70	37	2	0	0	39	39	5.0	741	225.0	100	0.04	19500				
vak 1 harde substraat	B01	20-sep-17	1.9	80	0	20	80	18	0	0	0	4	4	0.5	119	50.0	100	0.04	3075				
vak 1 harde substraat	B02	20-sep-17	1.8	20	0	80	70	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.04	0				
vak 1 harde substraat	B03	20-sep-17	1.9	20	0	80	100	14	0	0	0	3	3	0.6	663	176.0	100	0.04	16650				
vak 1 harde substraat	B04	20-sep-17	1.6	20	0	80	30	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.04	0				
vak 1 harde substraat	B05	20-sep-17	1.5	20	0	80	80	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.04	0				
vak 1 harde substraat	B06	20-sep-17	1.4	40	0	60	50	25	0	0	0	1	1	1.0	424	145.0	100	0.04	10625				
vak 1 zachte substraat	O01	20-sep-17	2.0	100	0	0	100	18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.113	0				
vak 1 zachte substraat	O02	20-sep-17	1.3	100	0	0	100	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.113	0				
vak 1 zachte substraat	O03	20-sep-17	1.5	100	0	0	100	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.113	0				
vak 1 zachte substraat	O04	20-sep-17	1.5	100	0	0	100	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.113	0				



Bureau Waardenburg bv

Onderzoek en advies voor ecologie & landschap

Postbus 365, 4100 AJ Culemborg

Telefoon 0345-512710, Fax 0345-519849

E-mail info@buwa.nl, www.buwa.nl